Presentación Confiabilidad & Disponibilidad

Ing. Claudio Christensen

Tipos de Mantenimiento y Tendencias

Clasificación del Mantenimiento

Correctivo	Preventivo	Modificativo
Actúa una vez ocurrida la falla. Convivimos con la falla. **Es un mantenimiento reactivo.**	Trata de prevenir la ocurrencia de la falla Trata de predecir el momento de ocurrencia de la falla. Convivimos con la falla. **Es un mantenimiento activo.**	Procura eliminar la falla definitivamente, en el mejor de los casos. Se busca incrementar el TMEF del equipo. **Es un mantenimiento proactivo**

Mantenimiento Correctivo

Correctivo | Sin frecuencia preestablecida al azar

De Emergencia	De Urgencia	Aceptado
Ocurre sobre equipos críticos. La intervención no puede diferirse en el tiempo. **Es totalmente indeseable**	Ocurre sobre equipos críticos o semicríticos. La intervención puede diferirse en el tiempo. **No es deseable pero es soportable.**	Ocurre sobre equipos no críticos o redundantes. La intervención puede diferirse en el tiempo. **Es deseable para el equipo seleccionado.**

4

Mantenimiento Preventivo

Preventivo | Con frecuencia preestablecida, planificado

Rutinario	Sistemático	Predictivo
Control periódico del equipos. Intervención menor Ajustes, limpieza, lubricación. **Realizado por el operario.**	En función de un contador (Hs., Km., etc) o por calendario. Intervención mayor. **Realizado por Mantenimiento.**	En función de un contador, Hs., Km., etc. Mide desarrollo de variables. Predice futura intervención. **Realizado por Mantenimiento.**

5

Mantenimiento Proactivo

Modificativo | Sin frecuencia preestablecida a necesidad

Proyecto	Prevención	Reacondición
Adaptación del equipo original a necesidades de la empresa.	Rediseño del equipo original o de sus partes para minimizar las fallas.	Para incrementar la vida útil del equipo. Aplicación de nuevas tecnologías.

6

Mantenimiento Correctivo
Emergencia

7

Condiciones de la Emergencia

- Ocurre en circunstancias desfavorables
- Afecta la producción
- Dificultad para conseguir repuestos
- Repuestos faltantes o inadecuados
- Posible falta de apoyo de personal especializado

8

Situación de Emergencia

Operador	Observa
Jefe de Producción	Estorba
Jefe de Mantenimiento	Apura
Gerente de Planta	Presiona
Ejecutor de Mantenimiento	Repara

9

Condiciones de la Reparación

- Uso de técnicas poco ortodoxas
- No es posible detenerse a pensar
- Uso de técnicas de prueba y error
- Excesiva presión sobre los ejecutores
- Condiciones de trabajo poco apropiadas

10

Consecuencias de la Reparación

- Reparación superficial
- Reparación paliativa
- Acciones provisorias que perdurarán hasta la próxima falla

Degradación acelerada del equipo

11

Mantenimiento Correctivo
Urgencia

12

Condiciones de la Urgencia

- Ocurre en circunstancia controlada
- La intervención es programada
- Efectos sobre la producción controlados
- Disponibilidad de repuestos y recursos
- Repuestos disponibles
- Apoyo de personal especializado

13

Situación de Urgencia

Operador	**Colabora**
Jefe de Producción	**Apoya**
Jefe de Mantenimiento	**Aporta**
Gerente de Planta	**Observa**
Ejecutor de Mantenimiento	**Repara**

14

Condiciones de la Reparación

- Uso de técnicas ortodoxas
- Es posible detenerse a pensar
- Uso de técnicas analizadas
- Nula presión sobre los ejecutores
- Condiciones de trabajo apropiadas

15

Consecuencias de la Reparación

- Reparación completa
- Reparación curativa
- Acciones definitivas que perdurarán en el tiempo

Mantenimiento del equipo

16

Mantenimiento Correctivo Aceptado

Mantenimiento Preventivo por Condición

17

Condiciones del Mantenimiento Preventivo por Condición

- Ocurre en circunstancia totalmente controlada
- La intervención es programada y planificada en concordancia con otra intervención
- No afecta la producción
- Disponibilidad de repuestos y recursos
- Repuestos disponibles
- Apoyo de personal especializado
- No afecta la confiabilidad del equipo

18

Situación del Mantenimiento Preventivo por Condición

Operador	Colabora
Jefe de Producción	Apoya
Jefe de Mantenimiento	Aporta
Gerente de Planta	Observa
Ejecutor de Mantenimiento	Repara

19

Condiciones de la Reparación

- Uso de técnicas ortodoxas
- Es posible detenerse a pensar
- Uso de técnicas analizadas
- Nula presión sobre los ejecutores
- Condiciones de trabajo apropiadas

20

Consecuencias de la Reparación

- Reparación completa
- Reparación curativa
- Acciones definitivas que perdurarán en el tiempo

Mantenimiento del equipo

21

Mantenimiento Correctivo

- Es una actividad reactiva.
- Ocurre cuando la falla está próxima a su límite aceptable
- Es indeseable en equipos críticos cuando es imprevista
- Es tolerable en equipos críticos cuando se detecta prematuramente
- Es recomendable para ciertos equipos
- Resulta de una inspección predictiva

22

Mantenimiento Preventivo

23

Mantenimiento Preventivo?

- Metodología de acciones preventivas de mantenimiento, basada en la Vida útil de partes o componentes.
- Forma parte de sus programas de Buenas Prácticas :
  - Los Programas de Inspección y Limpieza
  - Los Programas de Lubricación
  - Los Programas de recambio, ajustes.
  - Las pequeñas reparaciones.

24

Mantenimiento Preventivo?

- Se ha determinado que aproximadamente un 30% de las Ordenes de Trabajo son innecesarias.

25

Mantenimiento Predictivo

26

Mantenimiento Predictivo

- Metodología de acciones preventivas en mantenimiento, basada en el estado de los Equipos.
- Diagnóstico que se vale de Tecnología para la Medición y el Análisis de las Variables Críticas que llevan al deterioro prematuro de los equipos.

Resulta en un Mantenimiento Correctivo

27

Definiciones

28

Disponibilidad

- Es el porcentaje del tiempo analizado, en el cual el equipo está disponible para producir.

29

Confiabilidad

- Es una probabilidad.
- Es la probabilidad de que un equipo pueda operar sin fallas durante un período estipulado.

30

Mantenibilidad

- Es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.
- También nos indica la accesibilidad para realizar un mantenimiento.

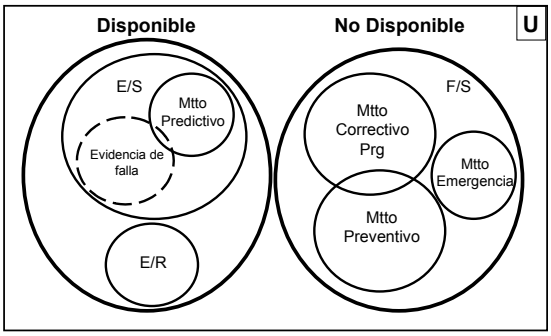
31

Indicadores

32

Teoría de Conjuntos

Diagrama de Venn de Estados



33

Teoría de Conjuntos
Diagrama de Venn de Estados

- Para lograr estos indicadores debemos analizar lo ocurrido dentro de un determinado tiempo, es el tiempo calendario o el tiempo en horas que transcurre entre dos fechas
- El período puede ser un mes, bimestre, trimestre, semestre o año.

34

Teoría de Conjuntos
Diagrama de Venn de Estados

- En el diagrama anterior el conjunto “U”, es el conjunto universo, y en él se encuentran todas las horas calendario del período que hemos seleccionado.
- Este conjunto de horas puede dividirse en dos conjuntos menores, las horas que el equipo estuvo disponible o indisponible.
- A su vez, estos conjuntos están formados por otros menores que marcan los sucesos sobre el equipo

35

Los 7 indicadores inmediatos

1. TMEF
2. TMPR
3. Confiabilidad
4. Disponibilidad
5. Confiabilidad por TMEF
6. Tiempo entre Mttos Preventivos
7. Tiempos para Mttos Preventivos

36

1 TMEF

Leemos el Horómetro

$$TMEF = \frac{\text{Hrs. de Marcha}}{\text{Cantidad de Correctivos}}$$

Contamos las OT Correctivas

Eventos ocurridos dentro del período seleccionado

37

1 TMEF

- Expresa el tiempo promedio entre intervenciones
- Podemos estudiar un solo equipo o varios equipos similares.
- Extender el TMEF es aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Unidad = Horas equipo

2 TMPR

Sumamos las horas de parada en las OT Correctivas

$$TMPR = \frac{\sum \text{Hrs. de Reparación}}{\text{Cantidad de Correctivos}}$$

Contamos las OT Correctivas

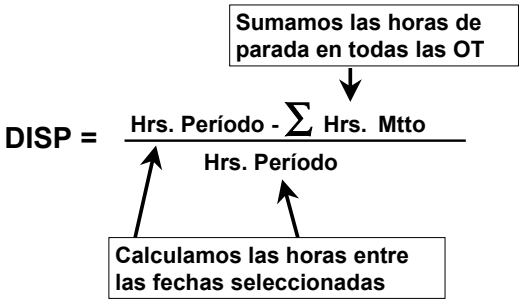
Eventos ocurridos dentro del período seleccionado

39

2 TMPR

- Expresa el tiempo promedio que se demora en reparar el equipo cada vez que es intervenido.
- Podemos analizar un equipo o un grupo de equipos similares.
- Extender el TMPR mejora la disponibilidad de los equipos.

3 Disponibilidad


Sumamos las horas de parada en todas las OT
DISP = Hrs. Período - ∑ Hrs. Mtto
Hrs. Período
Calculamos las horas entre las fechas seleccionadas

41

3 Disponibilidad

- Expresa el tiempo que el equipo está disponible para producir.
- Debe ser solo mayor que la disponibilidad necesaria si el equipo no es de operación continua.
- Para equipos de operación continua difícilmente llegue al 100%, siempre será algo menor, pero lo mayor posible.

4 Confiabilidad

Sumamos las horas de parada en todas las OT Correctivas

$$CONF = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Mtto Corr}}{\text{Hrs. Período}}$$

Calculamos las horas entre las fechas seleccionadas

43

4 Confiabilidad

- Expresa de alguna manera la confianza de nuestro equipo para trabajar un determinado período sin fallas.
- Es posible lograr una confiabilidad del 100%, mas aún cuando los equipos no son de uso continuo, o pertenecen a un sistema redundante

5 Confiabilidad
por TMEF y TMPR

$$CONF = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

Ya disponemos de estos Indicadores

45

5 Confiabilidad por TMEF y TMPR

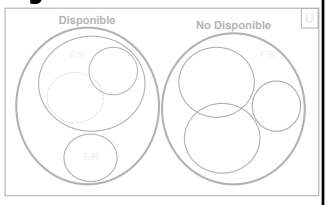
- Esta ecuación debe ser usada para equipos que no son de uso continuo, pues no considera los tiempos en reserva.
- Para equipos de uso continuo, ambas formas de cálculo darán el mismo valor.

5 Confiabilidad por TMEF y TMPR

$$\text{Conf.} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}}$$

$$\text{Conf} = \frac{\frac{\text{Hs.E/S}}{\text{N°Fallas}}}{\frac{\text{Hs.E/S}}{\text{N°Fallas}} + \frac{\text{Hs.F/Sc}}{\text{N°Fallas}}}$$

$$\text{Conf.} = \frac{\text{Hs.E/S}}{\text{Hs.E/S} + \text{Hs.F/Sc}}$$



Este indicador solo contempla las horas de marcha o en mantenimiento correctivo, por lo que es independiente de las horas en reserva.

6 Tiempo Medio Entre Mantenimientos Preventivos

Leemos el Horómetro

$$\text{TEMP} = \frac{\text{Hrs. En Servicio}}{\text{Nº Mttos Preventivos}}$$

Contamos las OT Preventivas

48

6 Tiempo Medio Entre Mantenimientos Preventivos

- Expresa, en promedio, cada cuantas horas el equipo o conjunto de equipos son sometidos a mantenimientos preventivos.
- Su valor debe incrementarse para incrementar la producción.
- Es una herramienta del planificador

7 Tiempo Medio Para Mantenimientos Preventivos

Sumamos las horas de parada en todas las OT Preventivas

$$TPMP = \frac{\sum \text{Hrs. F/S por Mttos Preventivos}}{\text{Nº Mttos Preventivos}}$$

Contamos las OT Preventivas

50

7 Tiempo Medio Para Mantenimientos Preventivos

- Expresa el tiempo promedio que el equipo está detenido por las intervenciones preventivas.
- Su valor debe ser disminuido para incrementar la producción.
- Es una herramienta del planificador

Factor Común

Sacando factor común necesitamos:

- Horas de Marcha ⇦ **Operaciones**
- Tipo de OT ⇦ **Planificador**
- Horas Fuera de Servicio ⇦ **Ejecutor**

52

Factor Común

- Si sacomos factor común de los datos necesarios para obtener los 7 indicadores, vemos que solo necesitamos registrar tres datos.
- Cada uno de esos datos es cargado al sistema por tres grupos distintos de personas.
- Con esto queremos indicar que no existen motivos para la falta de estos indicadores en nuestra gestión de mantenimiento

53

Comparación

- **Confiabilidad**
- **Disponibilidad**

$$\text{CONF} = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Emergencias + Correctivos}}{\text{Hrs. Período}}$$

$$\text{DISP} = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Emergencias + Correctivos + Preventivos}}{\text{Hrs. Período}}$$

Comparación

- En la diapositiva anterior vemos que la diferencia entre las ecuaciones de confiabilidad y disponibilidad es solo la variable “mantenimiento preventivo”
- Este es el motivo por el cual debemos manejar los dos indicadores en conjunto

55

Confiabilidad Vs. Disponibilidad

La confiabilidad siempre es mayor o igual a la disponibilidad

- Si las Hs. de Mtto Preventivo = 0; Conf.=Disp.

$$CONF = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Emergencias + Correctivos}}{\text{Hrs. Período}}$$

$$DISP = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Emergencias + Correctivos + 0}}{\text{Hrs. Período}}$$

=

Confiabilidad Vs. Disponibilidad

La confiabilidad siempre es mayor o igual a la disponibilidad

- Si las Hs. de Mtto Correctivo y Emergencia = 0 Conf.=100% > Disp.

$$CONF = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. 0 + 0}}{\text{Hrs. Período}} = 100\%$$

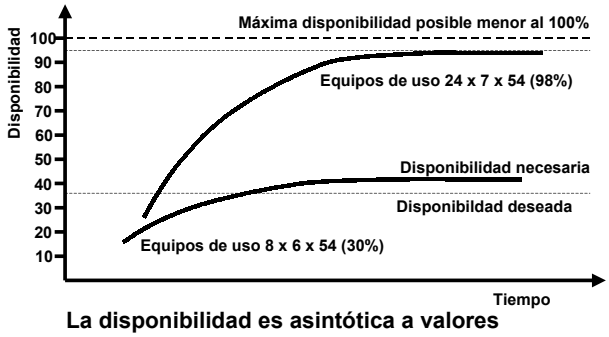
$$DISP = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. 0 + 0 + Preventivos}}{\text{Hrs. Período}} < 100\%$$

Confiabilidad Vs. Disponibilidad

- La confiabilidad siempre es mayor o igual a la disponibilidad.
- Si las Hs. de Mtto Preventivo = 0; Conf.=Disp.
- Si las Hs. de Mtto Correctivo y Emergencia = 0 Conf.=100% > Disp.

58

Disponibilidad

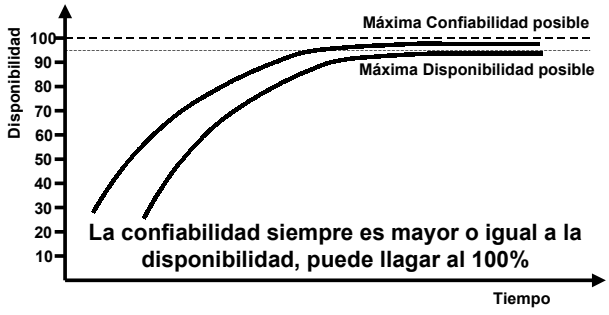


La disponibilidad es asintótica a valores cercanos al 100%

59

Disponibilidad & Confiabilidad

Equipos de uso 24 x 7 x 54 (98%)

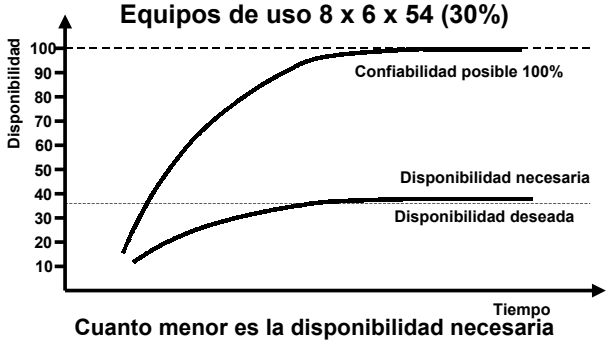


La confiabilidad siempre es mayor o igual a la disponibilidad, puede llagar al 100%

60

Disponibilidad & Confiabilidad

Equipos de uso 8 x 6 x 54 (30%)



Cuanto menor es la disponibilidad necesaria la confiabilidad es mayor

61

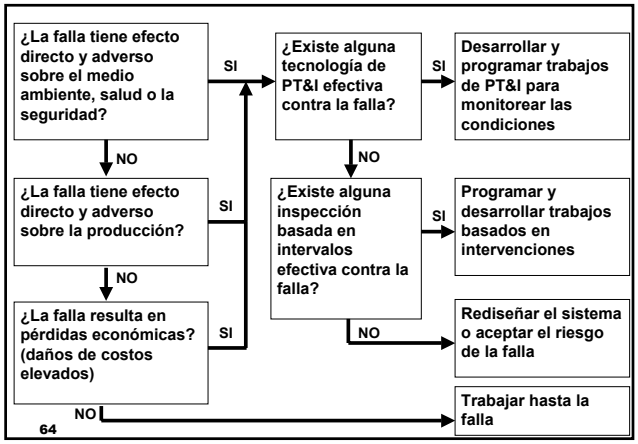
Confiabilidad Posible

- Determinada la disponibilidad necesaria y el calendario de actividad del equipo es posible determinar la mayor confiabilidad posible
- Además se pueden fijar objetivos de una confiabilidad mayor (100%)
- Cuanto menor es la disponibilidad necesaria mas alta puede ser la confiabilidad posible

62

Tipos de Mantenimiento Vs. Indicadores	Conf	Dispc	TMEF	TMPR	TMEMP	TMPMP
Emergencia	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Correctivo	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Preventivo	NO	SI	NO	NO	SI	SI
Predictivo	NO	NO (SI)	NO	NO	NO	NO
Preventivo por condición	NO	SI	SI	SI	NO	NO
Detectivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO

63


¿La falla tiene efecto directo y adverso sobre el medio ambiente, salud o la seguridad?
SI
¿Existe alguna tecnología de PT&I efectiva contra la falla?
SI
Desarrollar y programar trabajos de PT&I para monitorear las condiciones
NO
NO
¿La falla tiene efecto directo y adverso sobre la producción?
SI
¿Existe alguna inspección basada en intervalos efectiva contra la falla?
SI
Programar y desarrollar trabajos basados en intervenciones
NO
¿La falla resulta en pérdidas económicas? (daños de costos elevados)
SI
NO
Rediseñar el sistema o aceptar el riesgo de la falla
NO
Trabajar hasta la falla
64

Recorridas de Inspección

- Recorridas por el operador
  - Observa condiciones dudosas del equipo durante su funcionamiento, alerta a mantenimiento
- Recorridas por el mantenedor
  - Inspecciones periódicas programadas por mantenimiento para observar el desarrollo de posibles fallas

65

Prioridades de OT

Prioridad 0	**Ya! – acción inmediata** Mantenimiento de Emergencia
Prioridad 1	**En 3 días** Mantenimiento correctivo
Prioridad 2	**En 15 días** Mantenimiento preventivo por condición
Prioridad 3	**Cuando se pueda** Mantenimiento de Oportunidad

Existen 2 límites bien definidos, prioridad 0 y 3
Prioridades 1 y 2 pueden variar según la empresa

66

Prioridades de OT

	Prioridades
Equipo Clase “A”	0 1 2 3
Equipo Clase “B”	~~0~~ 1 2 3
Equipo Clase “C”	~~0~~ ~~1~~ 2 3

Determinar la prioridad de la OT según la criticidad de equipos evita generar intervenciones urgentes cuando realmente no lo son

67

Plan de Contingencia

- Para cada equipo con un calendario de producción dado, es posible programar paradas mayores sin consecuencias para la producción, si contamos con un Plan de Contingencia
- Puede ser la disponibilidad de un equipo suplente, contratación de un servicio u otra condición

68

TMEF

¿Cómo debemos actuar para mejorar el TMEF?

- Mejores prácticas de mantenimiento
- Mantenimiento Proactivo

69

TMPR

¿Cómo debemos actuar para mejorar el TMPR?

- Mantenimiento proactivo para aligerar los tiempos de reparación
- Utilizar equipos de recambio
- Capacitación

70

FIN

Claudio.christensen@simingenieria.com.ar
www.simingenieria.com.ar
www.clubdemantenimiento.com.ar

2005